

Rancang Bangun Verifikasi Tachometer Berbasis Motor DC

Doddy Perkasa, Rudi Hermawan, dan Fahmi Hakim

Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Mekanisasi Pertanian

Jl. Sinarmas Boulevard, Situ Gadung, Kec. Pagedangan, Kabupaten Tangerang, Banten 15338

Email: dodiperkasaputra@gmail.com

ABSTRAK

Tachometer merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros (r/min) pada mesin pertanian seperti pompa air, traktor, mesin perontok dan lain-lain. Akurasi pembacaan tachometer sangat memengaruhi evaluasi performa mesin. Oleh karena itu, perlu dirancang suatu alat kalibrasi yang mampu menghasilkan informasi putaran poros sebagai acuan yang presisi dan stabil. Kegiatan ini merancang dan menguji kinerja kalibrator tachometer yang menggunakan motor DC berkecepatan variabel, sensor *rotary encoder*, dan sistem pemantulan *infrared*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa instrumen yang dirancang mampu menghasilkan informasi putaran poros dalam rentang 0–13.000 (r/min). Instrumen ini dinilai layak digunakan sebagai alat bantu kalibrasi internal laboratorium pengujian alat dan mesin pertanian di laboratorium karena efisien, murah, dan sesuai dengan kebutuhan.

PENDAHULUAN

Parameter putaran poros (*rotational speed*) merupakan salah satu variabel penting dalam pengujian kinerja alat dan mesin pertanian (alsintan). Kecepatan putaran poros sangat memengaruhi performa mesin. Contohnya, kecepatan poros pompa air sentrifugal menentukan debit dan tekanan air, sedangkan pada traktor berhubungan langsung dengan daya *Power Take-Off* (PTO) sebagai acuan kemampuan traktor dalam menggerakkan implemen. Oleh karena itu, pengukuran putaran poros harus dilakukan dengan benar dan menggunakan instrumen yang terkalibrasi agar diperoleh hasil yang akurat.

Tachometer merupakan instrumen utama untuk mengukur putaran poros. Akurasi pengukuran bergantung pada keandalan instrumen sehingga kalibrasi diperlukan untuk memastikan pembacaan yang akurat. Kalibrasi tachometer secara berkala juga

penting untuk memenuhi standar mutu laboratorium pengujian. Laboratorium pengujian Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Mekanisasi Pertanian (BRMP Mektan) telah menerapkan sistem manajemen mutu berdasarkan ISO/IEC 17025:2017 dan SNI ISO/IEC 17025:2017, sehingga setiap instrumen ukur harus memiliki ketertelusuran pengukuran melalui kalibrasi maupun pengecekan antara (*intermediate check*) sesuai persyaratan sistem mutu laboratorium (BSN, 2017). Kalibrasi tachometer memerlukan sumber putaran yang mampu menghasilkan kecepatan stabil, berulang, dan mencakup rentang pengukuran instrumen yang diuji. Pengembangan sistem kalibrasi berbasis penggerak listrik dan *encoder* telah digunakan untuk menghasilkan sumber putaran referensi. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Sun *et al.* (2018), yang mengembangkan perangkat kalibrasi putaran berkecepatan

tinggi untuk tachometer optik menggunakan *brushless* DC motor dan teknologi *Field-Programmable Gate Array* (FPGA).

Pengecekan antara alat ukur instrumen (*intermediate check*) adalah kegiatan pemeriksaan berkala terhadap kinerja alat ukur di laboratorium yang dilakukan untuk memastikan bahwa alat tersebut masih bekerja dengan baik dan hasil pengukurannya tetap dapat dipercaya.

Dalam praktik laboratorium dan pengujian, pengecekan ini sangat penting untuk menjaga konsistensi, keakuratan, dan keandalan hasil pengukuran tanpa harus selalu melakukan kalibrasi penuh. Selama ini, pengecekan keakuratan tachometer yang dilakukan di laboratorium masih dilakukan secara manual dengan metode cek antara, yang cenderung kurang praktis dan memerlukan waktu lebih lama. Kondisi ini berpotensi memengaruhi efisiensi proses pengujian alsintan serta konsistensi

hasil pengukuran. Selanjutnya untuk menjawab kebutuhan tersebut, maka dikembangkan alat bantu verifikasi tachometer berbasis motor DC yang mampu menghasilkan pembacaan putaran poros mesin secara stabil dan terukur. Dengan dukungan *sensor encoder* dan sistem pembacaan berbasis infrared, instrumen ini memungkinkan proses verifikasi dilakukan secara lebih cepat, praktis, dan berulang dengan tingkat konsistensi yang lebih baik.

BRMP Mektan melakukan kalibrasi eksternal di laboratorium kalibrasi terakreditasi untuk memenuhi standar tersebut. Selain itu, pengecekan keakuratan instrumen dilakukan melalui metode cek antara. Namun, metode ini memiliki kelemahan karena masih dilakukan secara manual, sehingga kurang efisien dan tidak selalu praktis. Oleh karena itu, perlu dikembangkan Instrumen (alat bantu) verifikasi tachometer, agar proses kalibrasi dapat dilakukan lebih mudah dan berkala.

Tujuan kegiatan ini adalah merancang dan menguji Instrumen Verifikasi Tachometer berbasis motor DC yang mampu menghasilkan informasi nilai putaran poros acuan dengan kecepatan stabil. Sistem ini memanfaatkan *sensor infrared* sebagai media pembacaan putaran oleh tachometer non-kontak. Dengan adanya instrumen ini diharapkan diperoleh data yang objektif, kualitatif, dan dapat dipertanggungjawabkan terhadap performa alsintan yang diuji. Selain itu, penerapan instrumen ini juga mempermudah proses kalibrasi internal dan mendukung peningkatan keandalan data pengujian serta efisiensi kerja laboratorium pengujian alsintan.

PEMBAHASAN

Tachometer merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi poros atau mesin

dalam satuan putaran per menit (r/min). Alat ini digunakan untuk mengukur bagian-bagian yang berputar pada alat dan mesin pertanian seperti traktor, *combine harvester*, dan pompa air. Dalam kegiatan rancang bangun ini, tachometer dimanfaatkan sebagai alat pembanding antara tachometer acuan dengan tachometer yang diuji melalui proses *intermediate check*. Hasil pengukuran kedua alat tersebut, kemudian dibandingkan untuk mengetahui deviasi serta ketidakpastian pengukuran, sehingga dapat dievaluasi tingkat keakuratan alat ukur.

Instrumen pengecekan antara tachometer yang dirancang, memungkinkan laboratorium melakukan pengecekan secara mandiri guna menjaga keakuratan hasil pengukuran. Penggunaan motor DC sebagai sumber putaran yang dikombinasikan dengan sensor encoder dan sistem kendali kecepatan menunjukkan bahwa sistem kalibrasi tachometer berbasis

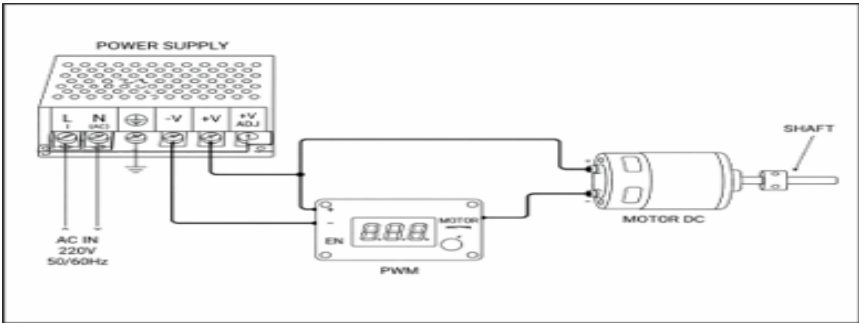
motor listrik ternyata mampu menghasilkan putaran yang stabil sebagai referensi pengujian.

Sistem ini menggunakan motor DC presisi dengan pengendali kecepatan dan encoder optik sebagai acuan, serta dilengkapi reflektor untuk tachometer infrared. Instrumen kalibrasi tachometer yang dirancang terdiri dari beberapa komponen yang memiliki fungsinya masing-masing (Tabel 1).

Prinsip kerja alat dimulai dengan mengatur kecepatan motor melalui pengendali PWM yang terhubung dengan satu daya sebagai sumber tegangan. Rangkaian sistem ini menghubungkan sumber listrik AC ke *power supply*, kemudian diteruskan ke modul PWM untuk mengatur besar kecilnya tegangan yang diberikan ke motor DC, sehingga kecepatan putaran poros dapat dikontrol secara presisi. Poros yang terhubung dengan motor akan berputar stabil, kemudian tachometer acuan dan tachometer uji diarahkan ke reflektor pada

Tabel 1. Nama Komponen dan Fungsi dari Instrumen Verifikasi Tachometer

No	Nama Komponen	Fungsi
1.	Motor DC	Sebagai penggerak utama yang menghasilkan putaran poros
2.	Pengendali Kecepatan (PWM/ Driver Motor)	Mengatur kecepatan putaran secara presisi
3.	Encoder Rotary (Optik/ Magnetik)	Mengukur kecepatan putaran aktual sebagai referensi akurat
4.	Reflektor Infrared (Stiker putih/ hitam, cakram berlubang)	Memungkinkan tachometer infrared membaca sinyal pantulan
5.	Poros Uji (Pulley Output)	Titik acuan untuk mengarahkan tachometer kontak/ non-kontak
6.	Catu daya (Power Supply)	Memberi tegangan stabil untuk semua komponen
7.	Rangka dudukan (Frame)	Menjaga posisi komponen tetap dan aman saat pengujian berlangsung



Gambar 1. Skema Rangkaian Instrumen Tachometer

Tabel 2. Hasil Pengujian Kisaran Putaran

Kisaran RPM	Nilai Average Tachometer Acuan (r/min)	Nilai Average Tachometer uji (r/min)	Selisih (r/min)	Nilai t_{hitung}	Nilai t_{tabel} ($\alpha=0,05$)	Tingkat Kepercayaan 95%	Ketidakpastian Alat (r/min)
1.750	1.754,0	1753,5	0,5	0,609	2,101	0,05	0,05
2.800	2.807,4	2806,9	0,5	0,720	2,101	0,05	0,05
1.000	1007	1006,7	0,3	0,895	2,101	0,05	0,05



Gambar 2. Konfigurasi Sistem Pengujian dan Pengukuran Prototipe

poros untuk melakukan pembacaan. Berikut skema rangkaian instrumen tachometer seperti pada Gambar 1.

Untuk memberikan gambaran nyata penggunaan alat tersebut, berikut ditampilkan implementasi fisik dari instrumen verifikasi tachometer yang telah dirancang sesuai Gambar 2.

Pada konfigurasi sistem pengujian menunjukkan bahwa bentuk fisik alat yang terdiri dari motor DC sebagai penggerak, poros sebagai media putaran, serta rangka dudukan yang kokoh ditujukan untuk menjaga kestabilan saat dilakukan pengujian. Selain itu, terlihat juga sistem pengendali kecepatan dan rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengatur dan memonitor putaran motor. Dengan konfigurasi ini, alat mampu menghasilkan putaran yang stabil sehingga proses pengecekan antara dapat dilakukan secara akurat dan konsisten.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih pengukuran antara tachometer uji dengan tachometer acuan relatif kecil pada setiap kisaran putaran. Nilai uji t (0,609; 0,720; dan 0,895) seluruhnya lebih kecil dibandingkan nilai t tabel (2,101) pada tingkat kepercayaan 95%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua

alat ukur tersebut. Selain itu, nilai ketidakpastian pengukuran sebesar 0,05 r/min menunjukkan bahwa alat memiliki tingkat presisi yang baik dan masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima (Tabel 2).

Hasil analisis uji t -test (Tabel 2) menunjukkan bahwa hasil pembacaan r/min antara instrumen verifikasi tachometer acuan kode nomor 24 dengan tachometer uji kode nomor 13 pada setiap *range* RPM, tidak berbeda nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil pembacaan RPM antara Instrumen verifikasi tachometer uji dengan tachometer acuan ternyata tidak terlalu signifikan atau relatif sama. Dengan demikian, rancangan instrumen verifikator tachometer secara teknis layak untuk digunakan sebagai instrumen verifikator tachometer pada pengujian alsintan. Salah satu keunggulan rancangan instrumen verifikasi tachometer ini tidak hanya pada sisi presisi, tetapi juga mendukung kebutuhan laboratorium pengujian alsintan yang menuntut sistem kalibrasi internal secara efisien dan ekonomis.

KESIMPULAN

Kegiatan rancang bangun ini bertujuan merancang dan menguji kinerja kalibrator tachometer

yang menggunakan motor DC dengan berkecepatan variabel, sensor *rotary encoder*, dan sistem pemantulan *infrared*. Instrumen verifikasi tachometer yang telah diuji berbasis motor DC ternyata mampu menghasilkan informasi nilai putaran poros acuan dengan kecepatan stabil. Komponen utama instrumen verifikasi tachometer yang dirancang terdiri atas: (1) Motor DC sebagai penggerak utama putaran poros dengan kecepatan beragam, (2) Kontrol Potensiometer sebagai pengatur kecepatan motor secara halus, (3) Reflektor *Infrared* sebagai alat pembacaan tachometer non-kontak, dan (4) Tampilan LCD untuk menampilkan nilai (r/min) hasil pembacaan putaran poros sebagai acuan kalibrasi. Rancangan instrumen verifikator tachometer secara teknis layak untuk digunakan sebagai instrumen verifikator tachometer pada pengujian alsintan. Instrumen verifikasi tachometer yang dirancang mendukung penerapan sistem mutu laboratorium berbasis ISO/IEC 17025.

DAFTAR PUSTAKA

- ISO/IEC 17025:2017.(2017). *General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories*
- Sun,Q.,Bai,J., Du,L., Fan, Z., & Hu,H. (2018). Investigation on high rotation speed calibration device. *Journal of Physics:Conference Series*, 1065, 222001.
- SNI 17025:2017.(2017). *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Kajian Biaya-Manfaat Implementasi Precision Farming Demfarm: Studi Multi-Provinsi di Indonesia

Ahmad Nizar Fatur Rohman, Titim Rahmawati, dan Hannura Hosea

Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian

Jl. Raya Ragunan No.29, RT.8/RW.6, Jati Padang, Ps. Minggu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12540

Email: nizarfatur4@gmail.com

ABSTRAK

Studi ini menganalisis kebijakan *precision farming* (pertanian presisi), atau inisiatif demfarm, di Indonesia berdasarkan pendekatan analisis biaya-manfaat. Implementasi program menjangkau 31 provinsi sepanjang 2025–2026, dengan data lapangan dari 332 kelompok tani (poktan) yang mengelola 1.524,88 hektare lahan dengan karakteristik agroekologi beragam. Penelitian ini mengevaluasi efisiensi ekonomi, rasio input-output, serta implikasi kesejahteraan bagi petani padi skala kecil. Intervensi agronomik yang dikaji meliputi aplikasi herbisida, pengolahan tanah, pengapuran dolomit, pupuk organik, pupuk anorganik, dan pupuk silika. Tekanan hama utama yang teridentifikasi di seluruh lokasi penelitian mencakup tikus sawah, penggerek batang, wereng batang coklat, dan keong mas. Dengan kerangka Analisis Biaya-Manfaat Sosial (SCBA) yang mengintegrasikan Nilai Sekarang Bersih (NPV), Rasio Manfaat-Biaya (BCR), dan Tingkat Pengembalian Internal (IRR), menunjukkan investasi pada sistem input presisi dan infrastruktur adaptif iklim menghasilkan eksternalitas positif signifikan terhadap ketahanan pangan dan pendapatan perdesaan. Keterbatasan data hasil panen dan cakupan SCO yang rendah ($\pm 15\%$ lokasi) menghambat potensi manfaat secara menyeluruh. Tulisan ini merekomendasikan perluasan teknologi pertanian adaptif iklim, penguatan tata kelola data, dan integrasi biaya-manfaat. Implementasi yang optimal berpotensi menghasilkan BCR 2,3–3,1, sebagai pilar kedaulatan pangan nasional.

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan menjadi tantangan pembangunan paling mendesak yang dihadapi Indonesia, negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat dunia sekaligus salah satu konsumen beras terbesar global. Beras (*Oryza sativa* L.) menjadi sumber kalori utama bagi lebih dari 270 juta penduduk Indonesia sehingga swasembada beras nasional telah ditetapkan sebagai tujuan kebijakan yang eksplisit dalam agenda Asta Cita Presiden Prabowo Subianto (Bappenas, 2024). Meskipun selama beberapa dekade, investasi di bidang irigasi, subsidi pupuk, dan pemuliaan varietas unggul sudah dilakukan,

namun produktivitas padi Indonesia mengalami stagnasi pada kisaran 5,1 ton per hektare, jauh di bawah potensi hasil yang dapat dicapai sebesar 7–9 ton per hektare dalam kondisi percobaan terkendali (Nisak *et al.*, 2025). Kesenjangan produktivitas ini mencerminkan kerugian ekonomi yang substansial bagi sistem pangan nasional sekaligus kehilangan kesejahteraan bagi penduduk petani perdesaan yang diperkirakan mencapai 29 juta rumah tangga (Jung *et al.*, 2024).

Kerugian ekonomi substansial pada petani perdesaan dihadapkan dengan berbagai situasi, mulai dari perubahan iklim hingga pencemaran pada sumber air pertanian yang mengganggu kesehatan dan produktivitas pertanian (*volume*

loss). Merespons tantangan-tantangan tersebut, Kementerian Pertanian RI meluncurkan program Pertanian Modern Berbasis Presisi. Model ini mencerminkan pergeseran dari subsidi seragam dan menyeluruh menuju dukungan pertanian yang ditargetkan secara spasial dan berbasis data, selaras dengan praktik terbaik global dalam Pembuatan Kebijakan Berbasis Bukti (*Evidence-Based Policy Making/EBPM*) sebagaimana diadvokasikan oleh OECD dan Organisasi Pangan dan Pertanian (Food and Agriculture Organization/FAO).

Landasan teoretis pertanian presisi bertumpu pada konsep efisiensi alokatif dalam penggunaan input pertanian, sebagaimana

dirumuskan dalam karya monumental Schultz (1964) tentang transformasi pertanian tradisional. Program mengganti metode input seragam melalui pengetahuan dan teknologi presisi ini, bertujuan untuk menekan biaya marjinal produksi sekaligus meningkatkan produk marginal lahan, suatu tujuan ganda yang sejalan dengan intensifikasi berkelanjutan dalam kondisi keterbatasan sumber daya

(*resource-constrained sustainable intensification*).

Boardman *et al.* (2018) dalam panduan otoritatif mereka melakukan analisis biaya-manfaat untuk program pemerintah. Ketiadaan evaluasi ekonomi yang transparan juga menghambat reformasi kebijakan berbasis bukti, khususnya yang berkaitan dengan alokasi sumber daya antarprovinsi dan antarkomponen program.

Tulisan ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan kerangka Analisis Biaya-Manfaat Sosial (*Social Cost-Benefit Analysis/ SCBA*) yang diperkuat dengan analisis Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value/ NPV*), Rasio Manfaat-Biaya (BCR), dan Tingkat Pengembalian Internal (TPI) pada data program pertanian presisi. Penelitian ini mencakup 332 entri poktan (kelompok tani) yang tercatat

Tabel 1. *Progress Monitoring Dataset* (Sampel)

Provinsi	Luas Tanam (ha)	Target (ha)	Capaian (%)	Luas Panen (ha)	Olah Lahan (ha)	Dolomit (ha)	Pupuk Organik (ha)	Pupuk Anorganik (ha)	Pupuk Silika (ha)	Herbisida (ha)
Sulawesi Selatan	420.00	400.00	105.0%	0.00	412.00	120.00	255.00	301.80	8.00	0.00
Jawa Barat	302.00	300.00	100.7%	0.00	302.00	292.00	3.00	190.50	0.00	100.00
Sumatera Utara	103.00	100.00	103.0%	0.00	103.00	26.00	103.00	3.00	3.00	0.00
Sulawesi Barat	102.65	100.00	102.7%	0.00	102.00	102.00	2.00	17.05	21.47	0.00
Lampung	102.00	100.00	102.0%	0.00	102.00	102.00	3.00	73.40	0.00	0.00
Papua Selatan	100.00	100.00	100.0%	0.00	100.00	33.00	0.00	43.00	35.00	0.00
Banten	65.45	100.00	65.5%	0.00	77.45	6.50	17.50	10.50	1.50	0.00
Sulawesi Tenggara	64.38	100.00	64.4%	0.00	100.00	53.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Jawa Timur	64.00	100.00	64.0%	0.00	112.50	10.50	2.00	12.50	0.00	0.00
Kalimantan Selatan	51.00	100.00	51.0%	0.00	105.54	107.54	33.00	15.00	0.00	0.00
NTB	36.40	100.00	36.4%	33.40	38.40	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Bali	36.00	100.00	36.0%	0.00	98.00	89.00	69.00	24.00	0.00	0.00
Kalimantan Barat	34.50	100.00	34.5%	0.00	34.50	34.50	0.00	21.00	0.00	0.00
Jawa Tengah	8.00	100.00	8.0%	0.00	11.00	1.00	11.00	0.00	0.00	0.00
Jambi	8.00	100.00	8.0%	0.00	8.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00
Sumatera Selatan	4.50	n/a	n/a	0.00	6.00	4.50	0.00	5.00	2.00	0.00
Gorontalo	3.00	3.00	100.0%	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00
Nusa Tenggara Timur	2.50	2.50	100.0%	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
Bangka Belitung	2.00	2.00	100.0%	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Papua Barat	2.00	2.00	100.0%	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00
Sulawesi Utara	2.00	2.00	100.0%	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00
Kep. Riau	2.00	n/a	n/a	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Kalimantan Tengah	2.00	1.50	133.3%	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00
Papua	2.00	2.00	100.0%	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Sulawesi Tengah	1.50	2.00	75.0%	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
Maluku Utara	1.50	2.00	75.0%	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00
Riau	1.50	3.00	50.0%	0.00	1.50	4.50	0.00	0.00	3.00	0.00
Sumatera Barat	0.50	2.00	25.0%	0.00	2.00	2.00	1.12	0.00	0.00	0.00
Maluku	0.50	2.50	20.0%	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Aceh	0.00	2.00	0.0%	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Sumber: *Progress Monitoring Dataset* Diolah, 2026

di 31 provinsi, meliputi areal tanam seluas 1.524,88 hektare dengan berbagai modalitas intervensi, antara lain pembenahan tanah, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, dan infrastruktur pemantauan iklim.

METODE

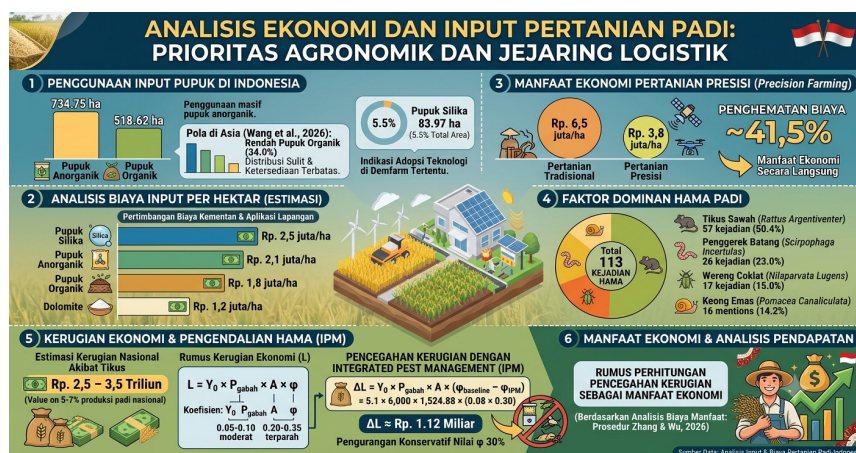
Studi ini menggunakan kerangka SCBA untuk mengevaluasi efisiensi ekonomi dan dampak kesejahteraan program pertanian presisi. SCBA memperluas analisis biaya-manfaat finansial konvensional dengan memasukkan eksternalitas sosial, mencakup manfaat non-pasar seperti ketahanan pangan, keberlanjutan lingkungan, dan pengentasan kemiskinan perdesaan, yakni unsur-unsur yang diakui sebagai hal krusial dalam evaluasi kebijakan pembangunan pertanian (Zhao *et al.*, 2026). Metode penelitian ini dilaksanakan melalui empat tahap berurutan, yakni kompilasi dan validasi data, estimasi biaya, estimasi manfaat, serta perhitungan indikator ekonomi.

Sumber data yang diolah yakni berasal dari data *Progress Monitoring Dataset* pertanian presisi (2025–2026) yang dikompilasi melalui sistem pelaporan lapangan digital dan pengisian formulir data Kementerian Pertanian, mencakup 332 entri di 31 provinsi (Tabel 1).

PEMBAHASAN

SKALA PROGRAM DAN RENTANG GEOGRAFIS

Program Pertanian Presisi menunjukkan jangkauan (rentang) geografis yang cukup luas, dengan data pemantauan lapangan yang tercatat di 31 dari 38 provinsi di Indonesia, mencakup 332 entri kelompok tani. Tabel 1 sebagai sumber data menyajikan total luas



Gambar 1. Analisis Ekonomi dan Input Pertanian Padi

tanam per provinsi untuk sepuluh provinsi teratas berdasarkan cakupan. Sulawesi Selatan menempati posisi tertinggi dengan luas tanam tercatat sebesar 420,00 ha, diikuti oleh Jawa Barat (302,00 ha), Sumatera Utara (103,00 ha), Sulawesi Barat (102,65 ha), dan Lampung (102,00 ha).

Distribusi geografis ini secara umum sejalan dengan peta produksi padi nasional Indonesia, di mana Jawa dan Sulawesi secara historis menyumbang porsi terbesar dari produksi nasional (BPS, 2024). Namun demikian, kehadiran Papua Selatan (100,00 ha) dan Kalimantan Selatan (51,00 ha) mengindikasikan adanya penargetan program yang disengaja terhadap kawasan produksi pangan *frontier*, selaras dengan strategi *food estate* nasional.

Dari segi modal dan dasar program, sebanyak 279 entri (83,9%) diklasifikasikan sebagai demfarm, sementara 47 entri (14,2%) merupakan perakitan (lokasi uji coba varietas adaptif/assembly), dan 6 entri lainnya merepresentasikan lokasi yang bersifat inisiatif komunitas atau terkait ICARE (pendanaan World Bank). Distribusi ini menegaskan bahwa model demfarm yang dirancang sebagai simpul transfer teknologi bagi petani kecil di sekitarnya. Distribusi ini menegaskan bahwa model

demfarm yang dirancang sebagai simpul transfer teknologi bagi petani kecil di sekitarnya, sebagaimana dikemukakan dalam kerangka sistem penyuluhan pertanian oleh (Agarwal *et al.*, 2023), merupakan mekanisme penyaluran yang dominan.

EFEKTIVITAS PEMBIAYAAN

Analisis dari enam kategori input utama menunjukkan perbedaan pada pola lingkup dari prioritas agronomik dan jejaring logistik sepanjang proses produksi (Gambar 1). Aplikasi pupuk anorganik (734,75 ha) melebihi pupuk organik (518,62 ha) dalam keseluruhan area. Hal ini menunjukkan masifnya penggunaan pupuk anorganik di pertanian padi Indonesia. Pola yang didokumentasikan oleh Wang *et al.* (2026) pada pertanian padi di Asia menunjukkan rendahnya penggunaan pupuk organik (34,0%) dikarenakan sulitnya rantai distribusi pupuk organik dan ketersediaannya. Sementara itu, penggunaan pupuk silika memiliki jumlah 83,97 ha atau 5,5% dari keseluruhan area tanam pada data, dengan kesimpulan indikasi adopsi teknologi pada area demfarm tertentu.

Bobot rata-rata dari biaya per hektare untuk penggunaan pertanian presisi menggunakan biaya lebih rendah yaitu Rp3,8

juta/ha dibandingkan pertanian tradisional yang diperkirakan memakan biaya sampai Rp. 6,5 juta/ha. Hal ini mengindikasikan bahwa biaya yang dapat dihemat sekitar 41,5% dengan penerapan pertanian presisi pada setiap rincian pembelian komponen produksi pertanian dan menjadi bagian konsisten dari manfaat ekonomi secara langsung.

Di samping penghematan biaya, penggunaan antihama juga menjadi bagian kebutuhan input produksi dimana dari data yang dimuat terdiri dari 113 kali jumlah kejadian yang terdiri dari hama tikus sawah 57 kejadian, penggerek batang 26 kejadian, wereng coklat 17 kejadian, dan keong emas 16 kejadian. Kerugian ekonomi dari tikus sawah itu sendiri pada pertanian padi di Indonesia diestimasikan sebesar Rp2,5 – 3,5 triliun pada muatan 5-7% produksi padi nasional secara nilai.

Indikator Ekonomi: NPV, BCR, dan IRR

Integrasi dari biaya dan manfaat mengalir diestimasikan berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi pendapatan mengikuti tiga skenario dari area sebesar 1.524,88 hektare selama lebih dari 5 tahun program berjalan. Biaya program (Ct) termasuk benih dan input subsidi (Rp58,2 juta), investasi infrastruktur stasiun cuaca dan irigasi (Rp31,7 juta), ekstensi dan pengawasan (Rp12,4 juta) dan pengerahan administratif (Rp8,9 juta), jumlah keseluruhan sebesar Rp111,2 juta dalam nilai terkini pada $r = 10\%$. Jumlah manfaat sosial (Bt) termasuk: peningkatan inkremental padi sejumlah = 0,15 jumlah pendapatan (Rp139,4 juta), biaya aplikasi input (Rp20,6 juta). Biaya pencegahan akibat hama (Rp5,6 juta), irigasi (Rp10,4 juta) dan stasiun cuaca (Rp41,2 juta),

dengan total sebesar Rp217,2 juta. Dengan indikator perhitungan:

$$\begin{aligned} NPV (\text{base case}) &= Rp217.2 \text{ juta} - Rp111.2 \text{ juta} = Rp106.0 \text{ juta} \\ BCR (\text{base case}) &= 217.2 / 111.2 = 1.95 \\ IRR (\text{base case}) &= \text{diperkirakan } 24.3\% \end{aligned}$$

Berdasarkan skenario pesimistik ($\delta = 0.10$, $r = 12\%$), BCR menurun menjadi 1,43, tetap secara ekonomis memiliki viabilitas. Sedangkan berdasarkan skenario optimis ($\delta = 0.25$, $r = 8\%$), BCR meningkat sebesar 3,06, konfirmasi terhadap asumsi konservatif.

KESIMPULAN

Tulisan ini menerapkan kerangka *social cost-benefit analysis* secara sederhana untuk menilai kelayakan ekonomi sekaligus tantangan implementasi program pertanian presisi di Indonesia. Berdasarkan data pemantauan lapangan dari 31 provinsi yang mencakup 1.524,88 hektare lahan. Hasilnya menunjukkan justifikasi ekonomi yang kuat: pada skenario dasar, NPV mencapai Rp106 miliar, BCR sebesar 1,95, dan IRR sebesar 24,3%, jauh melampaui tingkat diskonto sosial. Ini menegaskan bahwa pertanian presisi merupakan investasi publik yang menguntungkan dalam upaya modernisasi pertanian. Kombinasi intervensi seperti pengapuran dolomit (1.003,72 ha), pemupukan berimbang (organik 518,62 ha dan anorganik 734,75 ha), pengendalian hama terpadu, serta infrastruktur adaptif iklim terbukti menghasilkan manfaat nyata: peningkatan produktivitas, efisiensi biaya input, penghematan air, dan ketahanan terhadap perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, V., Malhotra, S., Dagar, V., & M. R. P. (2023). Coping with public-private partnership issues: A path forward to sus-

tainable agriculture. *Socio-Economic Planning Sciences*, 89

Bappenas. (2024). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Tahun 2025 - 2029*. Bappenas.

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-Benefit Analysis*. Cambridge University Press.

BPS. (2024). *Hasil Survei Ekonomi Pertanian 2024*. BPS

Jung, K. Y., Jeon, S. H., Chae, S. E., & Yoon, D. K. (2024). Influence of Trenchless Subsurface Drainage with a Rice Husk Filling System on Soybean Productivity Under a Poorly Drained Paddy Field for Future Applications in Smart Agriculture. *Agriculture (Switzerland)*, 14(11).

Nisak, F. F., Prayitno, G., Ari, I. R. D., Hidayat, A. R. T., Waloejo, B. S., Usman, F., Wijayati, W. P., & Onishi, M. (2025). Quantifying the synergistic effects of social and human capital in farmers' decisions to adopt organic rice farming: A case study of Lombok Kulon village, Indonesia. *Environmental Challenges*, 20.

Schultz, T.W. (1964). *Transforming Traditional Agriculture*. Yale University Press

Wang, W., Jiang, M., Li, Y., Fu, P., Li, T., Dalal, R. C., McLaughlin, N., & Liang, A. (2026). Conservation agriculture practices enhance maize pest control: A global meta-analysis and modeling study. *Resources, Environment and Sustainability*, 26.

Zhao, X., Su, H., Zhang, N., Ding, J., & Wang, H. (2026). How livelihood capital synergies and trade-offs shape farmer's resilience in underdeveloped mountainous areas, China. *Agricultural Systems*, 235.

Meningkatkan Nilai Tambah Susu Sapi Melalui Pengolahan Sabun Susu Kunyit: Kaji Terap di Desa Wanasari, Kecamatan Cipunagara, Kabupaten Subang

Ade Putra, Firda Arlina, Kenedy Putra, dan Lilis Riyanti

Balai Besar Penerapan Modernisasi Pertanian Sumatera Barat
Jl. Raya Padang-Solok Km. 40 Sukarami, Kabupaten Solok 27365
Email: paramedik3@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan susu sapi menjadi sabun susu yang diperkaya kunyit kuning merupakan salah satu upaya diversifikasi produk bernilai tambah dengan peningkatan nilai fungsional melalui kandungan senyawa bioaktif kunyit. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi potensi pengolahan susu sapi menjadi sabun susu kunyit setelah diujiterapkan di Desa Wanasari, Kecamatan Cipunagara, Kabupaten Subang, melalui kegiatan sosialisasi teknologi, kajian penerimaan konsumen, serta identifikasi potensi pengembangan usahanya pada tingkat kelompok tani. Pembuatan sabun dilakukan melalui proses saponifikasi menggunakan susu sapi segar, minyak kelapa sawit, natrium hidroksida (NaOH), air suling, dan kunyit bubuk dengan tiga formula berbeda berdasarkan jumlah kunyit yang ditambahkan. Hasil uji terap menunjukkan bahwa formula dengan penambahan 25 gram kunyit memiliki tingkat kesukaan konsumen tertinggi dibandingkan formula lainnya, yang menunjukkan pentingnya keseimbangan komposisi bahan dalam menentukan penerimaan konsumen. Formula sabun susu kunyit menunjukkan kelayakan usaha yang baik dan berpotensi dikembangkan sebagai usaha rumah tangga maupun kelompok. Kegiatan tersebut mampu meningkatkan pengetahuan, sikap, dan keterampilan peserta dalam mengadopsi teknologi.

PENDAHULUAN

Susu sapi merupakan komoditas peternakan yang memiliki nilai gizi tinggi, dengan kandungan protein, vitamin, dan mineral. Umumnya, pemanfaatan susu sapi diarahkan pada bahan pangan, baik dalam bentuk susu segar maupun produk olahan. Di sisi lain, susu sapi juga memiliki potensi pengembangan produk nonpangan yang bernilai ekonomi tinggi. Seperti kandungan asam lemak dalam susu sapi yaitu oleat dan palmitat memiliki sifat pembersih (Setiowati *et al.*, 2022). Sehingga dapat menjadi produk nonpangan, seperti sabun susu herbal yang merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan nilai

tambah komoditas peternakan sekaligus membuka peluang usaha baru bagi masyarakat.

Susu sapi segar menurut SNI 3532:2016 adalah cairan yang berasal dari ambung sapi yang sehat dan bersih, diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alamnya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali pendinginan. Susu adalah salah satu hasil ternak yang dikenal sebagai bahan makanan bernilai gizi tinggi.

Sebagian besar susu yang dikonsumsi manusia berasal dari sapi perah, karena jenis ternak ini adalah penghasil susu yang potensial. Susu sapi adalah cairan

dari kelenjar susu (*mammary gland*) yang diperoleh selama pemerahan sapi masa laktasi tanpa adanya penambahan atau pengurangan komponen apapun pada cairan tersebut.

Susu sapi yang baik adalah susu yang diperah dari ambung sapi yang sehat dimana dalam pemeliharaannya mendapatkan makanan yang secukupnya. Susu merupakan media paling cocok untuk perkembangbiakan mikroorganisme, sehingga susu mudah rusak bila disimpan lebih dari 2 jam tanpa perlakuan khusus. Warna susu yang baik adalah putih susu normal.

Pengembangan produk sabun susu herbal dapat menjadi alternatif pemanfaatan susu sapi untuk

mengurangi kehilangan pascapanen, mengingat susu segar memiliki umur simpan yang relatif pendek dan mudah mengalami kerusakan apabila tidak segera diolah. Seiring meningkatnya minat konsumen terhadap produk perawatan tubuh berbahan alami, pengembangan sabun susu yang diperkaya dengan bahan herbal menjadi alternatif yang prospektif.

Salah satu bahan herbal potensial yang dapat ditambahkan pada pembuatan sabun susu adalah kunyit kuning (*Curcuma domestica* Val.). Kunyit memiliki beberapa kegunaan antara lain sebagai rempah, minyak atsiri, pemberi aroma, ataupun sebagai obat. Kunyit adalah tanaman herba berimpang dari keluarga jahe-jahean (Zingiberaceae), yang berasal dari daerah tropis Asia Selatan. Kunyit kuning (*Curcuma domestica* Val.) tanaman ini memerlukan 20-30°C serta curah hujan yang rutin untuk tumbuh normal. Bentuk batang semu, tegak, bulat, membentuk rimpang, hijau kekuningan. Bentuk daun tunggal, lanset memanjang, helai daun 3-8, ujung dan pangkal runcing, tepi rata, panjang 20-40 cm, lebar 8-12,5 cm, pertulangan menyirip, dan hijau pucat. Bentuk bunga majemuk, berambut, bersisik, tangkai panjang 16-40 cm, mahkota panjang ± 3 cm, lebar $\pm 1,5$ cm, kuning, kelopak silindris, bercangap tiga, tipis, ungu, pangkal daun pelindung pulih, dan ungu. Akarnya serabut dan berwarna coklat muda.

Seiring dengan tuntutan zaman, setiap orang tentu ingin selalu tampil segar, sehat dan cantik dalam setiap kesempatan, terutama bagi para wanita. Kunyit tidak hanya untuk kesehatan, namun berkhasiat untuk kecantikan. Bagi wanita terlihat segar, sehat dan cantik itu sangat penting. Senyawa THCs (*tetra hydro curcuminoids*) pada kunyit bermanfaat sebagai antioksidan dan mencerahkan kulit, sehingga

memiliki prospek dalam pembuatan formula kosmetik. Untuk hal ini, kunyit menawarkan khasiat yang sangat kaya. Kandungan zat yang terdapat pada kunyit berkhasiat sebagai obat, menjaga tubuh tetap sehat dan awet muda. Kunyit juga bisa digunakan sebagai lulur yang berkhasiat untuk memberi warna segar (kuning langsung) pada kulit tubuh. Selain itu, kunyit juga dapat digunakan untuk menghilangkan jerawat. Kunyit sebagai zat antiseptik dan antiradang dapat membantu mengurangi pertumbuhan jerawat bahkan menghilangkannya (Shan & Iskandar, 2018). Maka dari itu, kunyit kuning banyak digunakan sebagai obat tradisional, yang diketahui mengandung berbagai komponen utama kurkuminoid, flavonoid, polifenol dan minyak atsiri (Lasari *et al.*, 2021). Ekstrak rimpang kunyit memiliki aktivitas antibakteri di antaranya *E. coli*, *C. jejuni*, *C. perfringens*, *S. aureus*, *S. enteritidis*, *B. cereus*, serta antifungi seperti *C. albicans*, *H. anomala*, *M. mucedo*, dan *S. cerevisiae* (Suprianto *et al.*, 2022).

Pemanfaatan kombinasi susu sapi dan kunyit dalam bentuk sabun tidak hanya menghasilkan produk perawatan tubuh yang fungsional, tetapi juga berpotensi mendongkrak nilai ekonomi susu sapi di tingkat peternak. Inovasi pengolahan ini belum banyak diterapkan oleh peternak lokal akibat keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknis. Sebagai upaya mengatasi kendala tersebut, maka dilakukan kegiatan uji terap melalui demonstrasi dan praktik langsung bersama anggota Kelompok Tani Rancalembang, Desa Wanasari, Kecamatan Cipunagara, Kabupaten Subang. Pendekatan uji terap ini bertujuan untuk mentransfer teknologi pengolahan susu sapi menjadi sabun susu kunyit secara aplikatif guna meningkatkan nilai tambah hasil peternakan dan memperkuat

kelembagaan kelompok. Mekanisme mengukur keberhasilan program dengan mengevaluasi produk yang dihasilkan melalui uji kesukaan serta analisis kelayakan usaha untuk mengetahui potensi pengembangan sabun susu kunyit.

PEMBAHASAN

Teknologi Pengolahan Sabun Susu Kunyit

Pembuatan sabun susu kunyit dilakukan melalui proses saponifikasi, yaitu reaksi antara minyak dan basa yang menghasilkan sabun dan gliserol. Teknologi yang digunakan relatif sederhana, tidak memerlukan peralatan yang kompleks dan dapat menggunakan bahan baku yang tersedia di lingkungan sekitar.

Bahan utama yang digunakan meliputi susu sapi segar, minyak kelapa sawit, kunyit bubuk, natrium hidroksida (NaOH), dan air suling. Uji terap ini menggunakan tiga formula dengan komposisi jumlah kunyit, yaitu 10 gram, 25 gram, dan 40 gram (Tabel 1).

Proses pembuatan diawali dengan pembuatan larutan alkali melalui pelarutan NaOH ke dalam air suling. Suhu larutan meningkat pada proses pembuatan larutan alkali karena bersifat eksotermis. Setelah suhu larutan menurun, larutan dicampurkan dengan minyak kelapa sawit dan diaduk hingga homogen. Susu sapi segar dan kunyit bubuk kemudian ditambahkan sambil dilakukan pengadukan secara terus-menerus hingga terbentuk adonan yang kental dan merata. Kondisi tersebut menandakan bahwa proses saponifikasi telah berlangsung dan adonan siap dituangkan ke dalam cetakan dan didiamkan selama 24 jam hingga mengeras. Sabun kemudian disimpan untuk proses curing selama 2–4 minggu guna menyempurnakan reaksi saponifikasi, menurunkan